

発表No.B1-2

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業
大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発
液化水素の高効率・海上大量輸送技術の開発

山城 一藤
川崎重工業株式会社
2025/7/15

連絡先：
川崎重工業株式会社
<https://www.khi.co.jp>

事業概要

1. 期間

開始 : 2023年7月28日

終了（予定） : 2026年3月31日（ステージゲート通過の場合 : 2028年3月31日）

2. 最終目標

容積効率及び防熱性能を向上させた貨物格納設備(Cargo Containment System :CCS)を開発し、水素の輸送コストの低減を目指す

3. 成果・進捗概要

- ◆ 容積効率を向上させるCCS構造の立案及び構造解析を実施し、成立性を確認（継続中）
- ◆ 新材料について極低温での物性を取得
- ◆ 防熱システムに使用する材料の物性試験を実施（継続中）

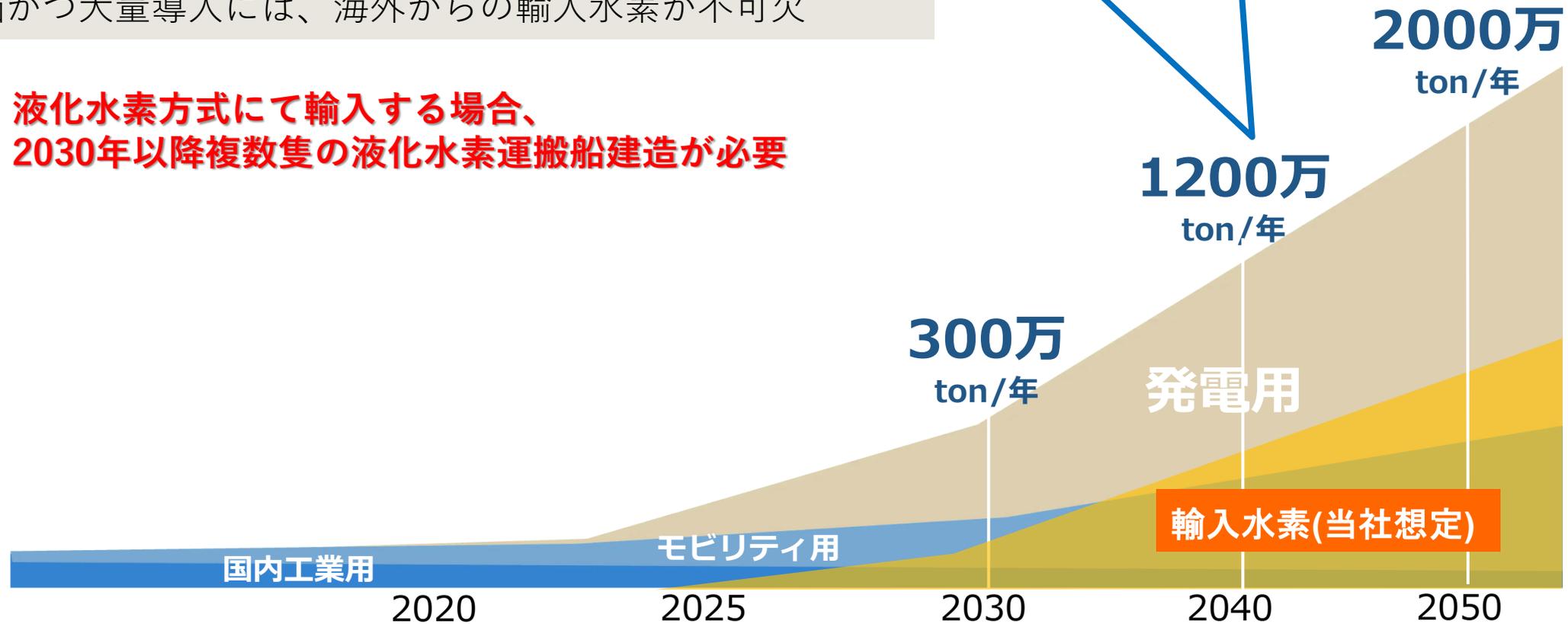
1. 事業の位置付け・必要性

事業の背景：国内への水素エネルギー導入予定量の増大

- 水素の需要先として、現在は産業用ガスとしての利用が中心
- 今後は、脱炭素エネルギーとして、水素が必要になってくる
- 安価かつ大量導入には、海外からの輸入水素が不可欠

2023年6月「水素基本戦略」を改訂し、
2040年までの水素供給目標を
現在の6倍となる年1200万トンに設定

→ 液化水素方式にて輸入する場合、
2030年以降複数隻の液化水素運搬船建造が必要



図中の値の出典：https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy_kaitei.pdf

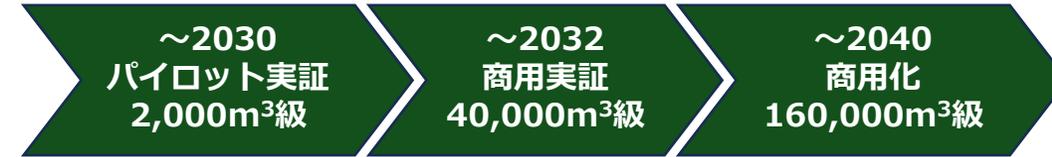
1. 事業の位置付け・必要性

事業の背景：海外でのCCS及び液化水素運搬船開発の活発化

海外メーカーのAiP（基本設計承認）取得状況（当社調べ）

企業	対象	サイズ	船級	取得時期	
欧州	GTT	CCS	詳細不明	NK	2023/07
		液水船	150,000 m ³	BV	2024/01
韓国	Lattice Technology	CCS	12,500 m ³	LR	2020/08
		液水船	50,000 m ³	LR	2021/10
	HD現代 (HD KSOE)	液水船	20,000 m ³	KR	2020/10
		液水船	80,000 m ³	DNV	2024/09
		CCS	詳細不明	LR/ABS/ DNV/KR	2025/01
	サムスン重工	液水船	160,000 m ³	LR	2021/10
			20,000 m ³	ABS	2022/09
	ハンファオーシャン (旧：大宇造船)	液水船	24,000 m ³	KR	2022/12
液水船 (CB&Iと協力)		80,000 m ³	DNV	2024/09	
中国	CSSC & MARIC	液水船	20,000 m ³	ABS	2024/04
		液水船	180,000 m ³	ABS	2024/04

韓国における液化水素運搬船実証計画



パイロット実証プロジェクト“Hydro Ocean K”

- 球形Type Cタンク計3基搭載
- 2027年中に建造し、その後運航/荷役実証を計画
- 韓国造船大手三社、船級、研究機関を含む13社連合でプロジェクトを推進



パイロット実証プロジェクト
“Hydro Ocean K”の液水船

各社HP,プレスリリースより



GTT社の液水船



Lattice Technology社の液水船



HD KSOEの液水船

海外の活発な動きに対して、より国際的な競争力を有した液化水素運搬船の開発が必要

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発の課題

- 国内への水素供給量の増大達成のために、液化水素の輸送効率向上
- 液化水素運搬船の海外での研究開発が活発化することに対する国際競争力の維持・強化

課題解決の手段（本事業の目的）

- 液化水素運搬船の1航海当たりの輸送量を増加させた高性能なCCSの開発
- 将来の複数隻建造を視野に、安全性・製造性を考慮したCCSの開発

本事業の数値目標

現在の水準		目標	
2019年度～2022年度に実施した液化水素運搬船の大型化開発（球形CCS）		左記の大型液化水素運搬船の船型サイズは変更せずに以下を達成する	
タンク容積	: 160,000 m ³	タンク容積	: 200,000 m ³ (+25%増量)
ボイルオフレート	: 0.4%/day	ボイルオフレート	: 0.35%/day(+10%改善)

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発の実施内容

a) 容積効率を向上させた大容量タンクの開発

- 耐揺動性、新防熱構造の要求を満足するタンク構造及び支持構造を確立する
- 材料特性・製造・コスト・重量・汎用性などの点から、最適な材料を選定する
- 局所的な構造不連続部への応力集中に対する緩和構造を確立する
- 入熱対策として、高断熱支持構造を確立する

b) 防熱性能を向上させた防熱構造の開発

- 大容量タンクに適した新防熱構造を確立する
- 防熱性能が優れた防熱構造に使用する防熱材料を選定する
- 真空防熱の場合は大容量真空排気手法を確立する

2. 研究開発マネジメントについて

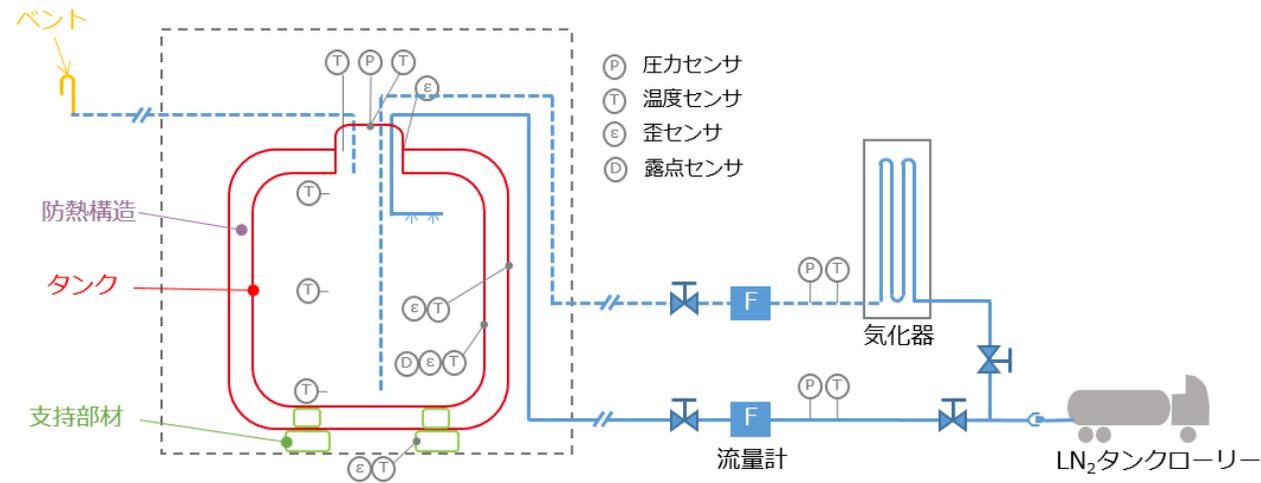
研究開発の実施内容

c) 試験用CCSの製造

- スケールモデルの試験用CCSを製造し、製造性や施工性などの製造技術を確認する

d) CCSの性能検証

- 新防熱構造強度・パージ性・防熱性能などAdvanced-CCSの性能が想定通りであるか試験用CCSに対するガス置換試験、冷却試験により確認する

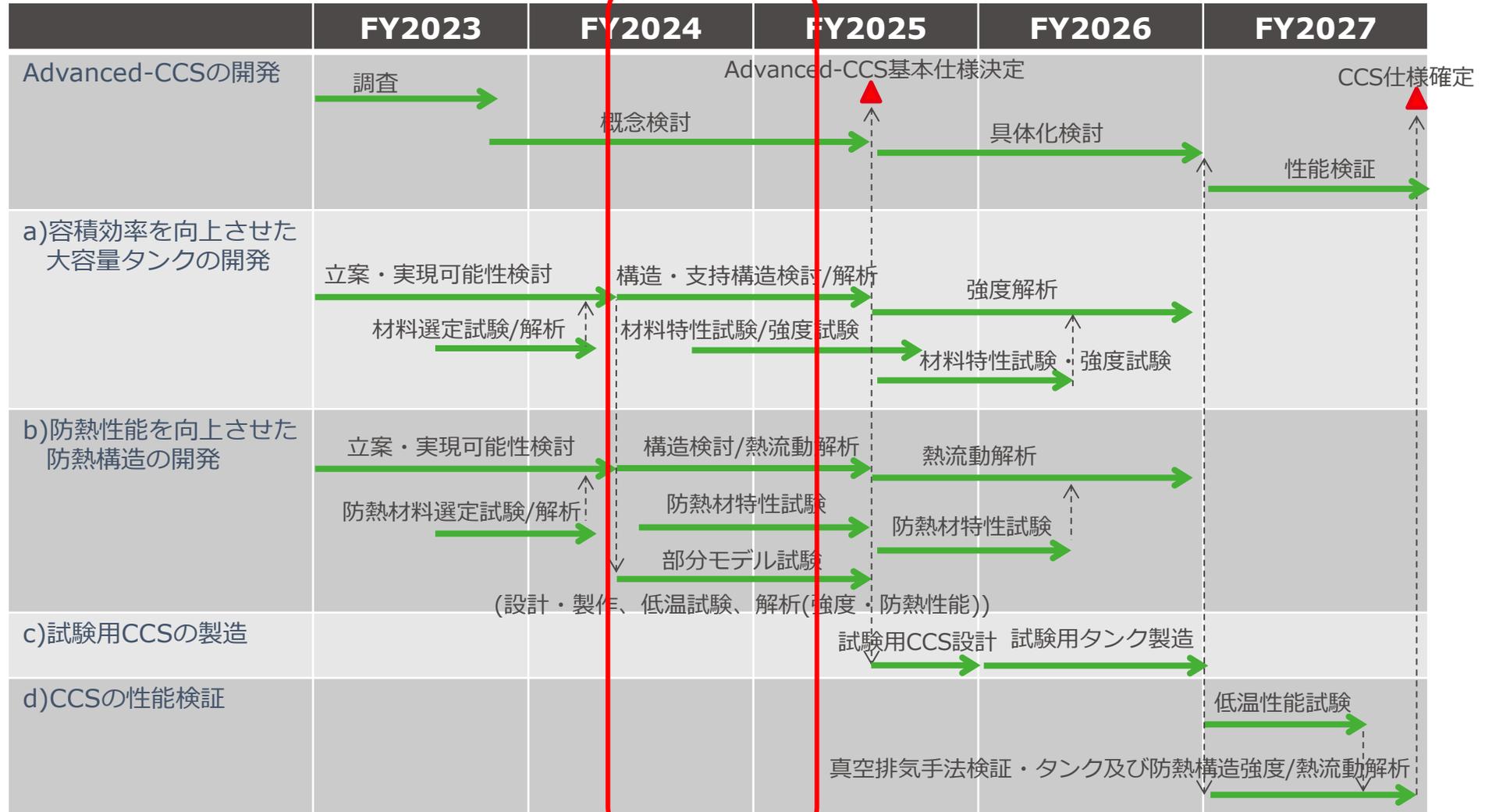


試験用CCSの低温性能試験イメージ図

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発スケジュール

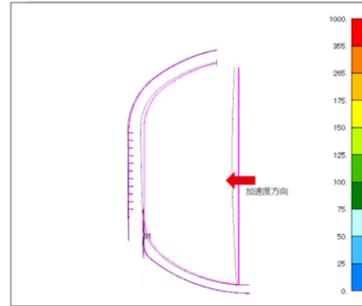
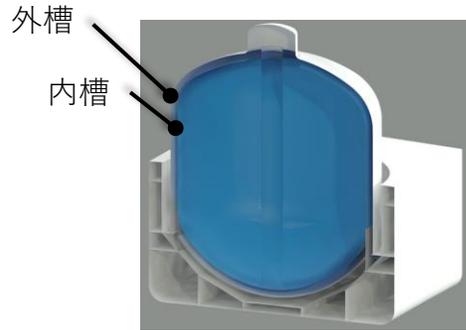
本発表の報告対象



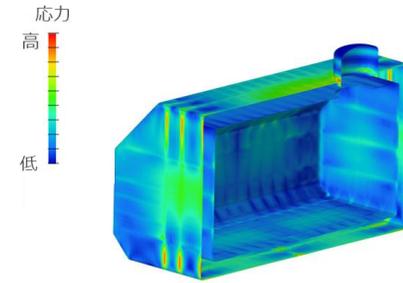
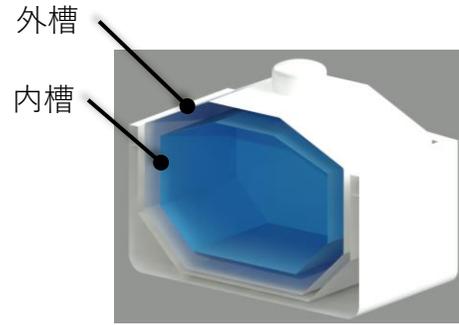
3. 研究開発成果について

【構造・材料・製造】

- ◆ 容積効率を向上させたタンク構造の立案、各案に対する構造解析を実施し強度成立性を確認し、タンク重量・コスト等を試算
→非真球形状およびステンレス鋼が様式として有望と考え、構造成立性を検証



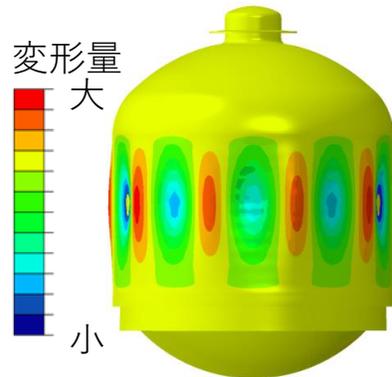
非真球形状



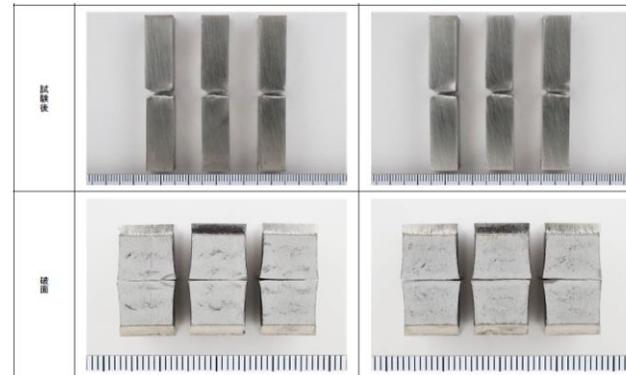
多面体形状

- ✓ 特に重要である真空圧力に対する外槽の座屈強度の成立性を確認
- ✓ 材料試験によりステンレス鋼が低温・水素環境への適合性が見込まれることを確認

➡ 非真球形状/ステンレス鋼で事業目標達成の目途を得た



座屈強度解析結果 (変形図,一例)



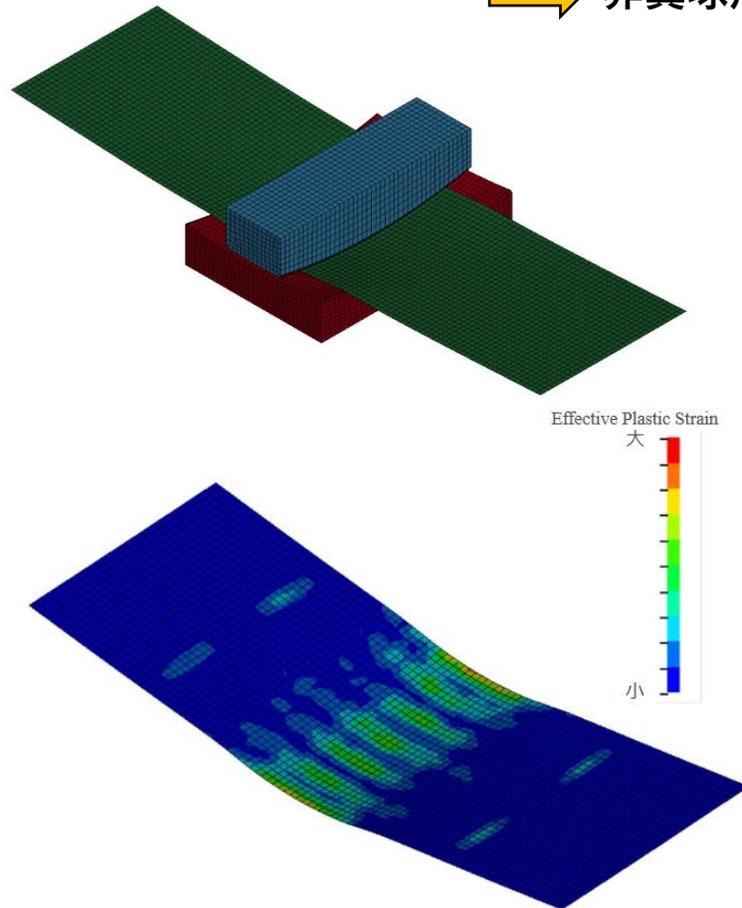
低温環境におけるステンレス溶接継手部のシャルピー衝撃試験

3. 研究開発成果について

【構造・材料・製造】

- ✓ 非真球形状の曲げ加工について、解析により現実的なプレス荷重で成型可能な見込みであることを確認した
- ✓ 縮小試験により解析との合わせこみを実施した

➡ 非真球形状について曲げ加工が可能であることを確認した



解析によるプレス荷重の確認

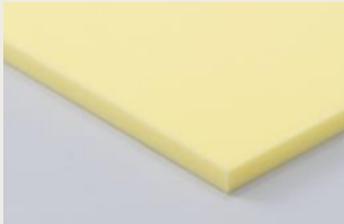


縮小試験による加工性確認

3. 研究開発成果について

【防熱】

- ◆ 防熱材料について、粉末系/繊維系/発泡系/フィルム系について要素試験を実施・比較し、性能面とコスト面で優位性がある**粉末系・繊維系**を候補として検証を実施

	粉末系	繊維系	発泡系	フィルム系
イメージ				
防熱性能	○	○	○	○
真空中での使用	○	△ 放出ガス量が多い※	▲ 放出ガス量が非常に多い	▲ 要求真空圧力が高い
コスト	○	○	△	△
構造強度	△ 船体の揺動による粉末の偏り・圧密による構造への影響あり	○ 割れなどは発生しない	△ 割れ対策が必要	○ 割れなどは発生しない

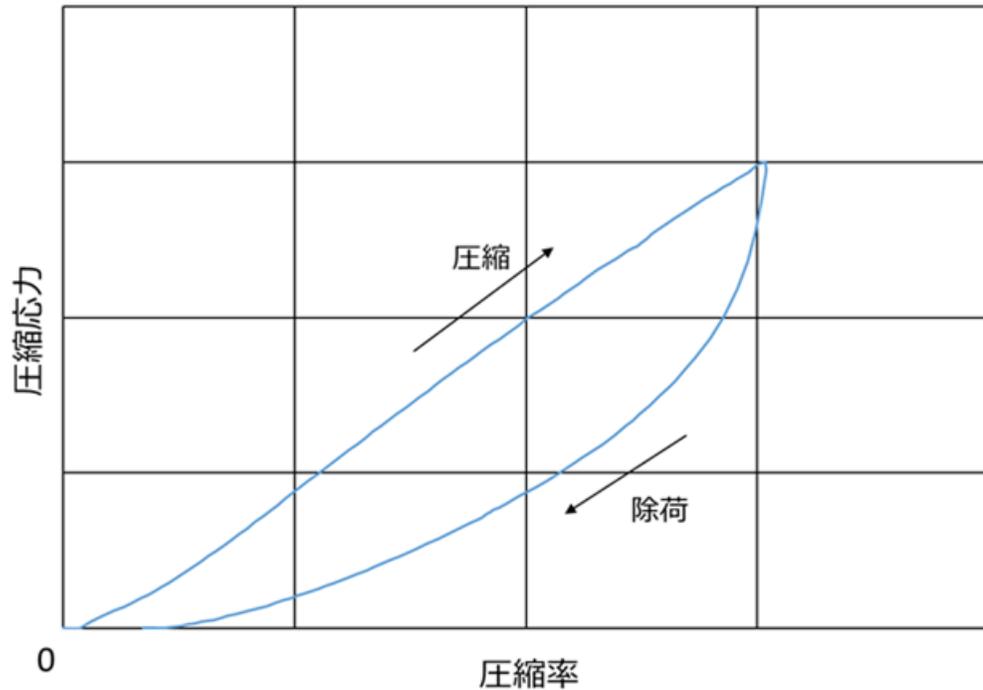
※放出ガスにより真空度が劣化した場合の防熱性能の低下が懸念される

3. 研究開発成果について

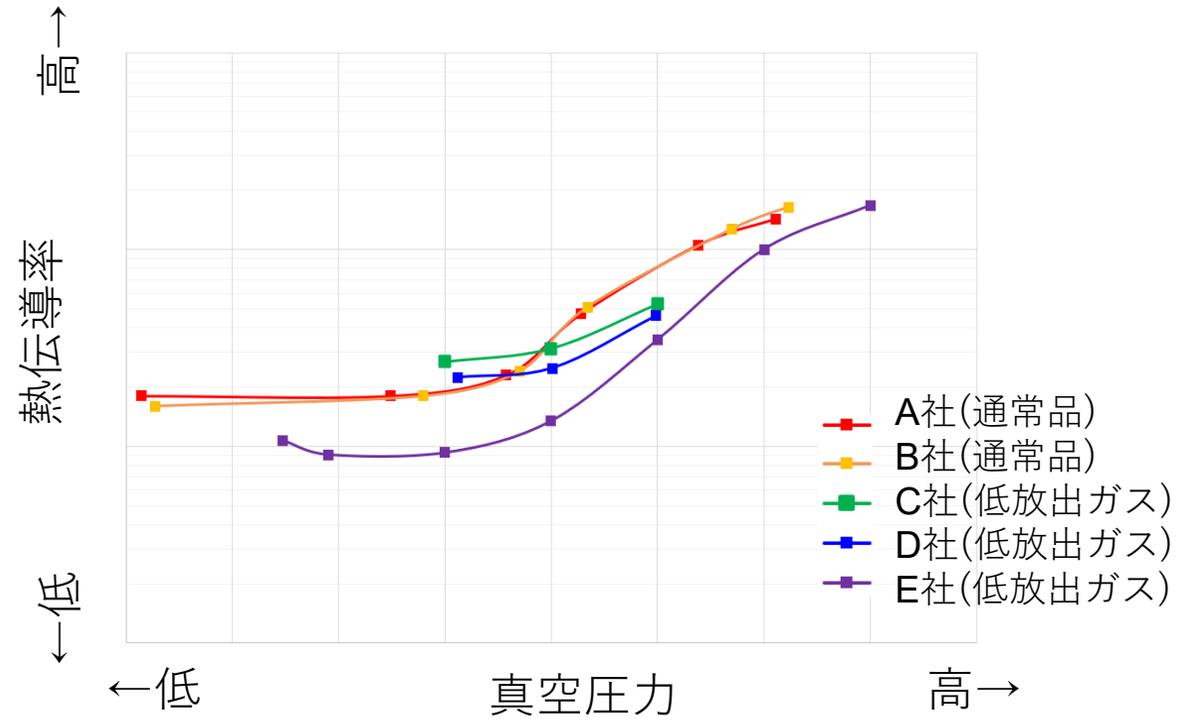
【防熱】

- ✓ 粉末系防熱材では、圧密の課題に対し、粉末防熱材の圧縮特性を試験により取得した
- ✓ 繊維系防熱材では、低放出ガス仕様の防熱材について真空中の性能を確認した

➡ 両者とも、事業目標達成に見込みを得た



粉末防熱材料の圧縮特性試験結果

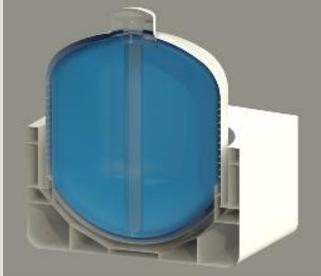
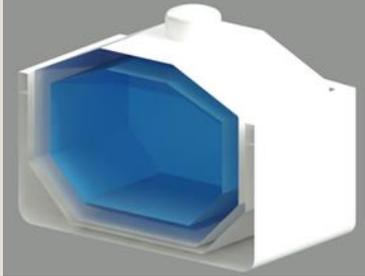


繊維系防熱材料を用いた部分モデルでの真空/極低温中の防熱性能試験結果

3. 研究開発成果について

【全般】タンク様式の選定

- ◆ 複数案に対し解析を用いたケーススタディや要素試験を実施・比較し、事業目標を達成可能かつコスト面で優勢と思われる仕様として**二重殻/非真球形状/ステンレス鋼製/真空防熱**を選定した

	選定したタンク様式	比較対象(一例)	選定理由
CCS形状	非真球形状 	多面体形状 	多面体形状と比べ真空圧力に対する強度確保の点で優位
CCS材質	内槽：ステンレス鋼 外槽：ステンレス鋼(※)		強度・製造・調達などの面で総合的に優位 ※外槽は炭素鋼の採用を追加検討予定
防熱システム	真空防熱		常圧防熱と比べ性能面で優位
防熱材料	繊維系 or 粉末系		
容積	○	◎	
製造性	○	△	
コスト	○	△	

4. 今後の見通しについて

【構造・材料・製造】

a) 容積効率を向上させた大容量タンクの開発

【タンク構造】

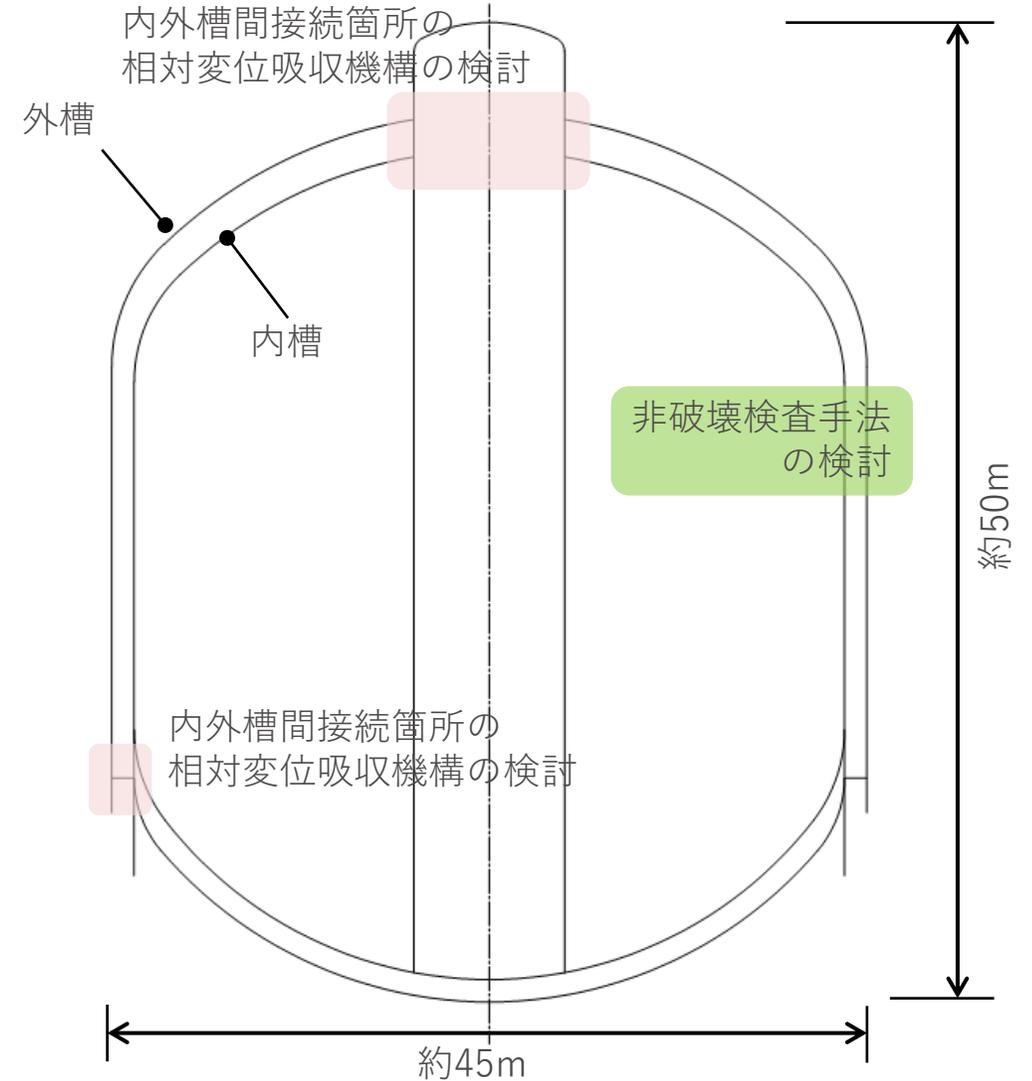
- ◆ 局所部の構造解析
- ◆ 特に内外槽間を接続する箇所について詳細な検討・開発を実施

【タンク材料】

- ◆ ステンレス鋼/炭素鋼の各種物性評価(継続実施)

【タンク製造】

- ◆ ステンレス鋼の高効率溶接法(FCAW等)の検討
- ◆ ステンレス鋼継手の非破壊検査手法の検討



4. 今後の見通しについて

【防熱】

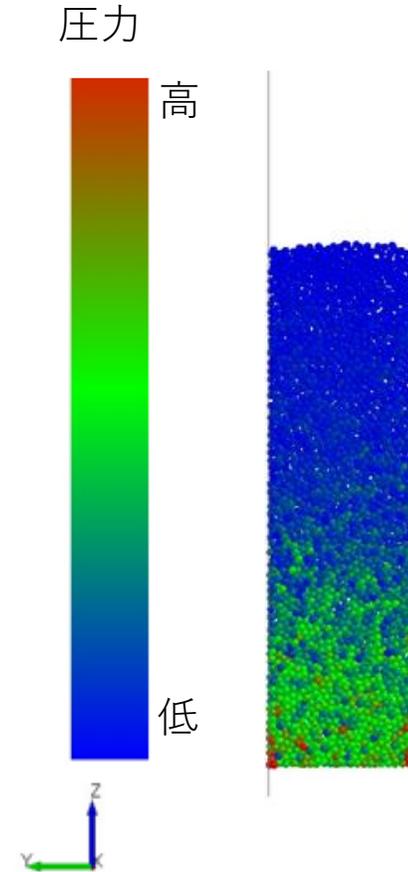
b) 防熱性能を向上させた防熱構造の開発

【粉末系防熱材】

- ◆ 粉末の詳細な物性値の取得並びにタンク内での流動状態などの解析
- ◆ 真空中の防熱性能などの詳細なデータの取得
- ◆ 粉末の充填方法（施工方法）の検討

【繊維系防熱材】

- ◆ 防熱材の固定構造及び施工方法の検討
- ◆ 真空中での防熱性能など詳細なデータの取得



粉体圧力の解析例



防熱性能試験装置 外観

4. 今後の見通しについて

【その他】

c) 試験用CCSの製造

- ◆ 試験用CCSの仕様（タンクサイズなど）の検討
- ◆ 試験実施項目の検討

d) CCSの性能検証

- ◆ 試験用CCSで冷却試験などを行い性能を検証する

e) 基本設計承認取得

- ◆ ClassNKとAiP（基本設計承認）取得の協議を開始
- ◆ 2025年度のAiP取得を目指す

f) 知財活動

- ◆ 開発により得られた知見を特許出願する（海外含む/出願準備中5件）

本タンク搭載船の市場投入時期は2035年度以降を想定

試験用CCSイメージ



「海上輸送大型化液化水素CCSの開発」
(2019年度～2022年度NEDO助成事業) で製作